Aus dem veterinär-anatomischen Institut der Universität Bern. Vorstand: Professor Dr. Rubeli.

Beiträge zur Anatomie und Mechanik des Schultergelenks beim Pferd und Rind.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der hohen veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Bern.

Vorgelegt von

Valerian Zniniewicz

approb. Tierarzt aus Posen.

Berlin 1908

Verlag von Max Günther

August-Straße 93

Von der Fakultät auf Antrag des Herrn Professor Dr. Rubeli zum Drucke genehmigt

Bern, den 19. Juni 1908

der Dekan:

Prof. Dr. E. Hess.

Dem Andenken

an

meine verstorbenen Eltern

gewidmet

der Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41540309_0077

Das Schultergelenk des Pferdes wird in den veterinär-anatomischen Lehrbüchern allgemein als „freies Gelenk“ beschrieben mit der Einschränkung, daß die Beweglichkeit nicht in allen Ebenen gleich groß sei, sondern sich hauptsächlich auf die Sagittalebene beschränke. So schreibt Ellenberger-Baum: „Die Schulterpfanne und das caput humeri, welch letzteres nicht ganz von der ersteren aufgenommen wird, bilden ein nur von einer Gelenkkapsel umgebenes Kugelgelenk, das Schultergelenk, Buggelenk, articulatio scapulohumeralis. Wenn trotzdem intra vitam die Bewegungen in diesem Gelenk wesentlich nur als Streckung und Beugung auftreten, so kommt dies daher, daß die fehlenden Seitenbänder durch Muskeln (m. infraspinatus an der lateralen und m. subscapularis an der medialen Seite) ersetzt werden, sodaß nur geringgradige Drehbewegungen erfolgen können (s. auch Bugnion Schwalbes Jahresbericht 1901 A. 3. S. 69). Das Einwärtsziehen des Oberarms (Adduktion) wird namentlich durch den m. infraspinatus, das Auswärtsziehen (Abduktion) durch den m. subscapularis sehr beschränkt.“ Ferner schreibt Frank, dem sich in seiner neuesten Auflage Martin anschließt: „Das Armgelenk ist ein freies Gelenk. Es läßt Bewegungen nach allen Richtungen zu. Vorwiegend sind indeß doch jene in der Sagittalebene (um die Transversalaxe) nämlich die Beuge- und Streckbewegungen. Der Unterschulterblatt-Rabenschnabel- und hintere Grätenmuskel wirken als

kontraktile, vor der Queraxe eingepflanzte Seitenbänder, und können aus dem freien Gelenk vorübergehend ein Wechselgelenk machen. Extreme Beugungen werden durch den Schulterbeulenmuskel gehindert, oder erfolgen nur mit gleichzeitiger Beugung des Ellbogengelenks. Extreme der Streckung werden durch die Ellbogenstrecker gehindert, sowie durch das Anstoßen des vorderen Pfannenrandes in der Gelenkgrube des Armbeins. Drehbewegungen sind nur in geringem Grade möglich und werden hauptsächlich schon durch obenerwähnte Verstärkungszüge in der Kapsel, aber auch durch Muskeln eingeschränkt. Nach Abschneiden sämtlicher Muskeln kann man eine Rotationsbewegung von 33° ausführen. Abduktion und Adduktion können auch bei festgestellter Schulter in geringem Maße vor sich gehen. Bei ersterer bewegt sich der untere Teil des Armbeins lateralwärts, der obere Teil der fixierten Pfanne medial. Bei der Adduktion umgekehrt. Erstere findet in dem Unterschulterblattmuskel die hauptsächlichste Hemmung. Da die innere Seite des Buggelenks aber die schwächste ist, so kann diese Bewegung am leichtesten Subluxation erzeugen. Die Adduktion wird hauptsächlich durch die Grätenmuskeln gehemmt."

Die in ihrer ersten Anlage übereinstimmenden Gliedmaßen der Wirbeltiere zeigen in der späteren Ausbildung je nach der Beanspruchungsweise große Unterschiede im Bau und in der Ausbildung der Knochen, Gelenke und Muskeln. Dies trifft in höherem Maße für die Schulterextremität als für die Beckenextremität zu. Beispielsweise beobachten wir einen vollständigen aus der dorsalen und ventralen Spange zusammengesetzten Schultergürtel bei der Flug-, Grab-, Kletter- und Greifextremität, während er bei der Schwimm- und Gehextremität nur noch aus der dorsalen Spange, der scapula, besteht. Hieraus läßt sich entnehmen, daß das Schulterblatt statisch und mechanisch sehr verschieden beansprucht wird, was schon aus seiner Form und Stellung hervorgeht.

Die Beckenextremität kann vermöge ihrer innigen Verbindung mit der Wirbelsäule und ihrer entsprechend ausgebildeten Muskulatur den Körper heben und vorwärts schieben. Die Schulterextremität ihrerseits nimmt den vorgeschobenen Körper auf und stützt ihn solange, bis die Beckenextremitäten wiederum unter dem Körper soweit vorgestellt sind, daß sie ihn von neuem heben und vorschieben können. In vorzüglicher Weise ist nun die Beckenextremität zum Heben und Vorschieben des Körpers durch ihre drei winkligen Gelenke: Hüft-, Knie- und Sprunggelenk befähigt. Die Verlängerung der ganzen Extremität bei Streckung in diesen drei Gelenken ist demnach sehr bedeutend, die Vorwärtsbewegung des Körpers also beträchtlich. Die Schulterextremität besitzt zum Auffangen und Stützen des von hinten vorgeschobenen Körpers eine ähnliche Einrichtung, wie die Beckenextremität, nämlich ebenfalls winklich gestellte Gelenke, jedoch nur zwei, die in der Streckstellung eine Verlängerung der ganzen Extremität herbeiführen: das Schulter- und Ellbogengelenk. Das gleichfalls winklig gestellte erste Fußgelenk wirkt bei extremer Streckung in einer Dorsalbeugung in entgegengesetztem Sinne, dient aber wie auch die beiden erstgenannten wesentlich zur Stoßbrechung.

Zum Verständnis des Mechanismus eines Gelenks bei der Gehextremität ist der Bau und der Mechanismus der Gliedmaße als Ganzes vorauszuschicken. In unserem Falle handelt es sich um Berücksichtigung der Schulterextremität von Pferd und Rind.

Bekanntlich ist beim Pferd nur noch die dritte Zehe ausgebildet bezw. mit Phalangengliedern versehen. Von den übrigen Zehen sind noch die Metacarpen und Metatarsen rudimentär vorhanden. Der Endapparat an der dritten Phalange ist bekanntlich der aus verschiedenen Teilen zusammengesetzte Huf, der durch seine innige Verbindung mit der Phalanx III ausgezeichnet ist. Einmal ist die Huflederhaut unzertrennlich mit dem Periost des Hufbeins verbunden,

dann fehlt mit Ausnahme der Strahlregion jede Andeutung eines lockeren der subcutis entsprechenden Zwischenschicht. Die Hufl ederhaut setzt sich demnach nur aus dem zur soliden Verbindung mit der Hornkapsel dienenden Papillarkörper und der zur Ernährung der Hornproduzierenden Epidermis nötigen Gefäße und Nerven zusammen. Wir können demnach erkennen, daß die Stellung der Hufkapsel genau zum Hufbein fixiert ist, und jede Aenderung in der Stellung des einen Teiles eine entsprechende Aenderung derjenigen des anderen bedingt, soweit nicht die Elastizität des Gewebes eine unbedeutende Abschwächung zuläßt. In der Tat ist jede Aenderung der Normalstellung des Fußes beim Pferd, d. h. jene Stellung, in der das durch die Mitte des Schultergelenks gefällte Lot den Huf halbiert, mit einem unregelmäßigen Fußen begleitet, indem entweder die innere oder äußere Hornwand, je nach der Auswärts- oder Einwärtsstellung des Fußes stärker belastet, bezw. stärker abgenutzt wird. Ja, noch mehr! Jede anormale Stellung des Pferdefußes gibt sich auch bei der Bewegung durch Abweichung von der Sagittalebene zu erkennen.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so müssen wir sagen, daß das gleichmäßige Aufsetzen der Bodenfläche des Hufes auf den Boden von der Normalstellung der Extremität, von der Normalstellung des Fußes abhängig ist, und daß der Huf des Pferdes nur in dieser Stellung eine sichere Stütze und Halt sein kann.

Betrachten wir nun die Einrichtungen, welche weiter proximal zur Verhinderung der anormalen Stellung und Bewegung der Schulterextremität, der Auswärts- oder Einwärtsstellung anzuführen sind, so betrifft es zunächst die Phalangengelenke. Gegenüber den ersten Phalangengelenken bei der menschlichen Hand, wo gestützt auf das Vorhandensein von Gelenkköpfchen und auf entsprechend angeordnete Muskeln Seitenbewegungen, Abduktion und Adduktion

leicht ausgeführt werden können, treffen wir bei allen Ungulaten statt der Gelenkköpfe segmental stark verbreiterte Gelenkwalzen an, die das Gelenk zu einem Wechselgelenk ausbilden. Dazu gesellen sich an allen drei Gelenken seitliche Hilfsbänder, die jegliche Abduktion und Adduktion, sowie auch Rotation verhindern.

Ich bin mir wohl bewußt, daß ich mich durch diese Darstellung mit manchen Fachmännern in Widerspruch befinde, welche angeben, daß die Phalangengelenke, weil bei aufgehobenem Fuße diese Bewegungen passiv sich ausführen lassen, sogenannte unvollkommene Wechselgelenke seien. Ohne die Möglichkeit andere Bewegungen passiv ausführen zu können verneinen zu wollen, will ich jedoch ausdrücklich hervorheben, daß für die Beurteilung der Mechanik eines Gelenks nicht die an ihm passiv ausführbaren Bewegungen maßgebend sind, sondern daß das Gelenk nach der Configuration der Gelenkfortsätze, den Knochenverbindungen, und den im betreffenden Gelenk wirkenden Muskeln zu beurteilen ist. Die zu den Phalangengelenken gehörenden Muskeln sind beim Pferd die Extensoren und die Flexoren. Die Richtung sämtlicher auf der Dorsal- oder Streckseite und auf der Volar- oder Beugeseite gelegenen Muskeln oder Sehnen verlaufen genau oder nahezu parallel der Knochenaxe. Ihre Insertionen sind derart angeordnet, daß die Knochen nur in der Sagittalebene bewegt werden können. Seitliche Ansätze und schräger Verlauf einzelner Muskeln, wie sie der Mensch in den Zwischenknochenmuskeln besitzt, fehlen dem Pferd vollständig. Der Bewegungsapparat der Phalangen beim Pferd ist daher nur für Streckung und Beugung, also Bewegungen in der Sagittalebene eingerichtet.

Wir entnehmen dem Gesagten, daß die Phalangengelenke sowohl in Bezug auf den Bau der Gelenke, wie auch in Bezug auf die dazu gehörige Muskulatur einfache Wechselgelenke darstellen.

Wenden wir uns nun zum Karpalgelenk, so treffen wir auch hier eine Reihe eigenartiger Hemmungsvorrichtungen zur Ausschaltung aller Nebenbewegungen an, die der Sagittalebene nicht entsprechen. In der Ruhe bezw. in der Streckstellung des Gelenkes stehen die Unterarmknochen und die Metacarpalien in einer Achse. Das distale Ende der knöchern miteinander verbundenen Antebrachialknochen bildet eine in querer Richtung zusammengesetzte zweiteilige Walze, wobei der mit dem os carpi radiale artikulierende Teil eine andere Randkurve als der mit dem os carpi intermedium und os carpi ulnare artikulierende Teil aufweist. Bei der Beugung kommt nebst der Rollbewegung der proximalen Reihe der Karpalknochen über die Unterarmwalze eine gleichzeitige Verschiebung des os carpi radiale aus der Achse der beiden anderen gleichreihigen Knochen in distaler Richtung vor, es wird also auf der Radiuswalze gleichsam abgerollt. Dadurch entsteht eine beträchtliche Spannung der Hilfsbänder zwischen os carpi radiale und Radius einerseits und zwischen ihm und os carpi intermedium andererseits. Die proximalen Gelenkflächen der oberen Reihe der Handwurzelknochen sind nahezu plan. Ein Schnitt in segmentaler Richtung durch das Carpalgelenk des Pferdes ergibt eine gerade Linie. Ganz anders sieht dagegen das antebrachio-carpalgelenk des Menschen aus. Hier steht, wie R. Fick schreibt: der eischalenförmigen Unterarmpfanne ein ziemlich genau entsprechender, nur in allen Richtungen erheblich größerer eiförmiger Gelenkkopf gegenüber, der von der proximalen Fläche der proximalen oder „ersten“ Handwurzelreihe mit Ausnahme des Erbsenbeines gebildet wird. Während also beim Pferde die Gelenkfortsätze bezw. Gelenkflächen nach Art der Wechselgelenke ausgebildet sind, treffen wir beim Menschen ein ausgesprochenes zweiachsiges Gelenk an. Auf die folgenden beiden Gelenke, zwischen den beiden Reihen der Carpalknochen und der unteren Reihe und den Metacarpalien lassen, wie bekannt, nur die Bewegung in sagittaler Ebene

zu. Indessen will ich es nicht unterlassen auf die interessante Tatsache aufmerksam zu machen, daß trotz der Reduktion der Phalangen der Metacarpalien beim Pferd, die Carpalien sämtlich vorhanden sind und getrennt bleiben, während bei den Wiederkäuern das Carpale I fehlt, und das Carpale II mit dem Carpale III verwachsen ist. Herr Professor Rubeli, welcher diesen Verhältnissen ein besonderes Interesse geschenkt hat, klärte mich darüber auf, daß diese Einrichtung ganz besonders geeignet sei, eine stoßbrechende Wirkung auszuüben. Die Uebereinanderschichtung der Carpalknochen gestaltet sich nun derart, daß das os carpi radiale mit dem os carpale II und III, das os carpi intermedium mit dem os carpale III und IV artikuliert, ferner das os carpale III mit dem os metacarpale III und das os carpale IV mit dem os metacarpale III und dem os metacarpale IV. Nun sind jene Gelenkflächen des os carpi intermedium, des os carpale III und des os metacarpale III, die mit je zwei Knochen der nächstfolgenden Reihe artikulieren, nicht in einer Ebene gelegen, sondern gegen einander abgeneigt, und stoßen in einer sagittal verlaufenden vorspringenden Kante zusammen, die zwischen zwei anstoßende Knochen zu liegen kommt. Dadurch werden letztere bei der Belastung wie durch einen Keil auseinandergedrängt und erleiden eine, wenn auch schwache, Seitenverschiebung.

Der Bandapparat am Carpalgelenk des Pferdes ist außerordentlich stark ausgebildet. In erster Linie sind hier die gemeinschaftlichen ligamenta collateralia zu nennen, die von dem Unterarmknochen bis zu den Metacarpalien herabziehen. Sie sind doppelt und mit Fascienzügen verstärkt. Ihre Sehnenfascikel verlaufen, worauf ich besonders aufmerksam machen möchte, nicht in gerader Richtung, sondern sind seilartig gedreht, wobei sie sich bei der Beugung im Gelenk aufdrehen, bei der Streckung zudrehen, was im letzteren Falle eine Verkürzung des Bandes zur Folge hat. Die Zwischenreihen und Zwischenknochenbänder sind ebenfalls wohl ausgebildet, und namentlich befindet sich auf

der Volarseite des Gelenks eine äußerst solide, das ganze Gelenk bedeckende Bandplatte, aus der am distalen Ende der rein sehnige m. interosseus, das sogenannte Aufhängeband der oberen Sesambeine hervorgeht.

Aus dem anatomischen Verhalten der Gelenkflächen und des Bandapparates am Carpalgelenk dürfen wir in Uebereinstimmung mit allen bezüglichen Angaben schließen, daß auch dieses Gelenk ein reines Wechselgelenk darstellt. Die hier nur angedeuteten Verhältnisse der Knochenzahl, der Verbindungen und der Bänder deuten darauf hin, daß das Carpalgelenk auch stoßbrechend wirkt, indem bei der Belastung ein Teil der Kraft von den Knochen auf die Seitenbänder übertragen wird.

Was nun die im Carpalgelenk wirkenden Muskeln anlangt, so werden auch hier ganz eigenartige Verhältnisse angetroffen. Neben den dorsal und volar in sagittaler Richtung verlaufenden Zehenstrecken kommt auch den eigentlichen Carpalmuskeln mit Ausnahme des m. abductor pollicis longus ausschließlich die Streck- bezw. Beugebewegung zu. Während bekanntlich beim Menschen bei gleichzeitiger Contraktion die beiden dorsalen Carpalmuskeln (m. extensor carpi radialis und m. ext. carpi ulnaris) zusammen das Carpalgelenk strecken, und die beiden volaren (m. flexor carpi radialis und m. flexor carpi ulnaris) das Gelenk beugen, ferner die beiden radialen zusammen adducieren und die ulnaren zusammen abducieren, so sind beim Pferd dagegen die Insertionen und der Verlauf dieser Muskeln so eingerichtet, daß der m. radialis dorsalis ausschließlich streckt, und die übrigen ausschließlich beugen. Es beruht dies auf der bei den Ungulaten vorhandenen Insertion des m. ulnaris dorsalis am os accessorium, die mindestens so kräftig ist, als die bei diesen Tieren am os metacarpale IV inserierende Endsehne. Bei gleichzeitiger Wirkung werden daher die beiden musculi ulnares nicht abducieren sondern beugen. Der

schwache m. abductor pollicis erhält sich, wie beispielsweise auch der m. pronator, beim Pferd mit großer Zähigkeit, obschon die Wirkungsverhältnisse sich bei ihrem Funktionswechsel in hohem Grade ungünstig gestaltet haben (: jener ist nur Fascienspanner und Hülfsstrecker, dieser Fascienspanner und Fixator der Gefäße und Nerven geworden :).

Diese wenigen Worte mögen die allgemeine Ansicht, daß das Carpalgelenk ein vollkommenes Wechselgelenk darstellt auch in Bezug auf den aktiven Bewegungsapparat unterstützen und bekräftigen.

Das Ellbogengelenk bedarf keiner weiteren Betrachtung, denn es ist auch bei den Ungulaten ein hinsichtlich der einzelnen Gelenkteile, wie auch hinsichtlich der zugehörigen Muskulatur ein vollkommenes Wechselgelenk wie beim Menschen.

Es mögen jetzt noch einige allgemeine Angaben über die anatomischen Grundlagen zur Beurteilung des Gelenkmechanismus an der Schulterextremität des Rindes angeschlossen werden. Hier sind zum Teil wesentliche Unterschiede zu verzeichnen. Was den fußenden Endapparat anbetrifft, so muß außer dem Vorkommen zweier getrennter Klauen, die neben einem gemeinschaftlichen noch von je einem besonderen Zehenstrecker bedient werden, auch der Unterschied im Aufbau dieses Endapparates selbst berücksichtigt werden. Ohne aber diese bekannten Verhältnisse hier im einzelnen aufzuführen, erinnere ich nur daran, daß an Stelle des beim Pferde vorkommenden Strahles mit Strahlkissen und seinen seitlichen Stützen, den Hufknorpeln, hier eine sich bis gegen die Klauenspitze zu erstreckende Balle (Torus digitalis) vorhanden ist.

Das Vorhandensein zweier auf dem Boden stützender Endglieder ermöglicht infolge einer gewissen Unabhängigkeit dieser Glieder von einander ein sicheres Fußen auf unebener Straße oder auch auf ganz glattem z. B. beeisten Boden. Ein zu starkes Auseinanderweichen der beiden Endglieder wird jedoch

durch das obere und untere elastische Interdigitalband verhindert, deren Wirkung sich in ausgezeichneter Weise als stoßbrechend erweist.

Die Phalangengelenke des Rindes sind, wie jene des Pferdes, einfache Wechselgelenke. Auch hier sind Gelenkwalzen und Seitenbänder vorhanden, und ebenfalls sind die mm interossei rein sehnig ausgebildet.

Das Carpalgelenk des Rindes ist ein ausgesprochenes Schraubengelenk, ganz ähnlich dem Sprunggelenk des Pferdes. Die Carpalreihen werden bei Beugung ulnar-wärts, bei Streckung radial-wärts auf der durch die Unterarmknochen gebildeten Gelenkschraube bewegt. Die zugehörigen Seitenbänder sind gleichfalls sehr stark, verhindern also Abduktion und Adduktion. Bezüglich der Muskulatur gilt im Wesentlichen das beim Pferd gesagte.

Daß auch das Ellenbogengelenk des Rindes ein vollkommenes Wechselgelenk darstellt, ist allgemein bekannt, und es bedarf daher keiner weiteren Erörterung.

Aus dieser gedrängten Zusammenstellung über die Anatomie der distalwärts vom Schultergelenk befindlichen Gelenke der Schulterextremität, die mit den bezüglichen Angaben in der Literatur wesentlich übereinstimmen, geht hervor, daß bei der hoch entwickelten Gehextremität unserer großen Haustiere wegen der Ausbildung der einzelnen Gelenkabschnitte und wegen der zugehörigen Muskulatur die Bewegung nur in der Sagittalebene stattfindet. Ferner geht daraus hervor, daß sich bei allen Gelenken, die beim Menschen Bewegungen in anderen Richtungen ausführen, bei den Tieren entsprechende Hemmungsvorrichtungen ausgebildet haben.

Bieten die geschilderten Verhältnisse für das Verständnis keine Schwierigkeit, so wird es uns ebenso leicht verständlich, daß auch im oberen Abschnitt der Schulterextremität analoge Einrichtungen vorhanden sein müssen. Ein Vergleich derselben beim Menschen mit der bei den Tieren wird uns auch darüber sofort Aufschluß geben.

Ich erinnere daran, daß nicht nur das distale Schulterblattende und das proximale Humerusende wesentlich verschieden sind, sondern daß auch die Muskelansätze und die Muskellagen völlig andere sind. Am meisten auffällig liegen die Verhältnisse beim:

m. deltoideus
mm. pectorales
m. infraspinatus
m. subscapularis
m. bicepsbrachii.

Bevor ich auf die Besprechung der einzelnen Muskeln eingehe, möchte ich die für die Beurteilung der Wirkung der Muskeln beim Pferd grundlegenden Angaben Günther's, denen ich vorbehaltlos zustimme, voraus schicken. Günther gibt an: „Die absolute Richtung der Muskeln wird im allgemeinen durch ihren Ursprung und Endpunkt bedingt, erleidet aber durch die bei der Bewegung eintretende Veränderung der Richtung der von ihm bewegten Hebelarme Modifikationen, durch welche die Muskelwirkung mehr oder weniger begünstigt oder beeinträchtigt wird." Ferner: „Das Maß der Muskelwirkung ist abhängig von dem Bau des einzelnen Muskels, der Zahl und Länge der ihm angehörigen Muskelfaser, und der Schnelligkeit der Contraktion, wird aber beeinflußt durch die Qualität der von ihm bewegten Hebelarme und durch die von anderen Muskeln abhängige Festigkeit seiner festen Punkte."

Bei der Betrachtung der oben angeführten Muskeln werden wir die Nutzanwendung aus Günther's Zeilen entnehmen können.

Der m. deltoideus setzt sich beim Menschen mit seinen drei Portionen an der tuberositas deltoidea an, und ist Heber des Armes oder Abduktor. Beim Pferd unterscheiden wir zwei Teile: der eine, kraniale Teil, wird durch seine Verbindung mit dem m. cleidomastoideus zum Vorwärtszieher der Gliedmaße, der andere, verhältnismäßig schwächere Teil, pars scapularis und acromialis, zieht aponeurotisch von der Schulterblattgräte und fleischig von der spina scapulae nach der

tuberositas deltoidea, und wird Beuger im Schultergelenk. Die Abduktion ist, wie man leicht am Muskelpräparat sehen kann, unbedeutend.

Die mm. pectoralis weisen wohl die größten Unterschiede auf. Der m. pectoral. superf. beschränkt sich beim Menschen auf das obere Drittel des Oberarmknochens, bei Carnivoren zieht er bis an das distale Ende des humerus, überschreitet jedoch bei den Ungulaten die humerus-Region, indem er mit seiner Aponeurose noch das obere Viertel des Unterarms bedeckt. Dadurch wird er befähigt (auch im Bereiche des Unterarms) seine Wirkung auf die gesamte Extremität auszudehnen. Er ist also Anzieher (Adduktor) in der Ruhestellung als auch bei vor und rückwärts gestellter Gliedmaße. Der unverhältnismäßig kräftige m. pector. prof., der neben seiner Insertion am proc. coracoideus stark fleischig am tuberculum majus, aponeurotisch dagegen am tuberculum majus inseriert, wirkt bekanntlich als Strecker im Schultergelenk und gleichzeitig als Nachzieher des Rumpfes bei vorgestellter, aufgesetzter Gliedmaße. Als Nebenwirkung kommt ihm eine Einwärtsdrehung des Schulterblattes, des Oberarmbeines und der unteren Extremität, also der ganzen Gliedmaße zu.

Der m. infraspinatus fungiert beim Menschen als Auswärtsdreher und Niederzieher des Armes, wogegen er beim Pferd vermöge seines Verlaufes und seiner Insertion, die genau in der Mitte zwischen Streck- und Beugeseite des Gelenks stattfindet, nicht mehr als Niederzieher bezw. als Beuger, sondern nur noch als Auswärtszieher wirken kann. Ueberdies treffen wir bei diesem Muskel, der sich durch seine gewaltig entwickelte Sehne auszeichnet, zwei Portionen an, die auf dem Gelenk genau übereinander geschichtet sind, wobei die tiefe oder fleischige Portion am Muskelhöcker des tuberculum majus, die sehnige dagegen über diesen Muskelhöcker wegzieht und an der crista tuberculi majoris inseriert. Im Folgenden noch die Maße für

den sehnigen Teil: vorn erreicht er eine Länge von 7 cm, hinten von 7,3 cm; seine Breite beträgt oben 3,7 cm, unten an der crista 3,5 cm.

Der m. subscapularis weist die geringste Abweichung im Bau und im Ansatzverhältnis auf. Er ist sehr breit und fleischig, jedoch sehnig durchsetzt. Das Gelenk wird von ihm mit einer breiten, aber kurzen Sehne überzogen, die sich dann am Muskelhöcker des tuberculum minus mit breiter Basis 6,3 cm ansetzt. Oben, 4 cm vom Ansatzpunkt entfernt, ist sie 6,5 cm breit, vorn 3,5 cm lang. Bei einseitiger Wirkung wird der Muskel für das Pferd auch Einwärtsdreher des humerus sein.

Der m. biceps brachii. Wegen seiner Lage, wegen seines Baues und wegen seines sonstigen Verhaltens ist es nötig diesem Muskel größere Beachtung zu schenken. Der biceps brachii des Menschen hat bekanntlich zwei Köpfe, das Caput longum, welches am Tuberculum supraglenoidale entspringt und das Caput breve, das mit dem Musc. coracobrachialis gemeinschaftlich am Processus coracoideus festheftet, während er beim Pferd nur aus einem Kopf, dem vom Tuberculum supraglenoidale hervorgehenden caput longum besteht. Hier haben wir ein prägnantes Beispiel dafür, daß trotz des functionellen Unterschiedes der Schulterextremität des Menschen und des Pferdes die Anlage der Knochen und der Muskulatur die gleiche ist, und daß erst der verschiedenartige Gebrauch eine Umbildung zur Folge hat. Ein fundamentaler Unterschied des Musc. biceps brachii des Menschen und des Pferdes ist in seinem Bau gegeben. Der Muskelbauch des menschlichen biceps ist reinfleischig, wogegen der Muskel beim Pferd mehr als zur Hälfte der Dicke rein sehnig ist. Die Sehne zieht dabei durch den ganzen Muskel ohne Unterbrechung vom Ansatz bis zur Insertion hindurch sehnig, und wir können schon daraus schließen, daß er auch als Band beansprucht wird. Mit starker Sehne vom tuberculum supraglenoidale entspringend,

verläuft er über das Buggelenk an den humerus und inseriert an der tuberosites radii, nachdem er noch einen aponeurotischen Strang, lacertus fibrosus bicipitis, abgegeben hat, welcher sich seinerseits lateralwärts richtet und auf dem m. radialis dorsalis (m. extensor corpi radialis) verläuft, in dessen Sehne er zuletzt endigt. Interessant ist sein Verlauf über den sulcus intertubercularis. Dieser sulcus, welcher beim Rind vom tuberculum majus zum Teil überdeckt wird, hat beim Pferd einen sagittalen Kamm, eminentia intertubercularis, der den sulcus in einen lateralen und medialen zerlegt. Der biceps besitzt nun hier dem Kamm entsprechend eine Hohlkehle, für den lateralen und medialen sulcus je einen Wulst. Durch diese eigentümliche Bildung in der Form der biceps Sehne wird erreicht, daß dieser Muskel einmal nicht aus seiner Lage gebracht werden kann, dann auch, was von außerordentlicher Wichtigkeit ist, daß er den humerus selbst in seiner Lage hält und dem letzteren den Weg für seine Bewegung diktiert. Die beim Pferd vorhandene Abhängigkeit des Schulter- und Ellbogengelenks von einander beruht teils auf dem biceps, teils auf dem triceps brachii. Werden im Ellbogengelenk Streckbewegungen ausgeführt, so wird durch den biceps auch im Schultergelenk gestreckt. Eine Erschlaffung des biceps kommt nur bei extremer Beugung im Ellbogengelenk vor. Wesentlich ist auch das unterschiedliche Verhalten des lacertus fibrosus bicipitis, der ja beim Menschen über den pronator teres in die Unterarmfaszie übergeht, und sowohl als Auswärtsdreher des pronierten Radius dann auch als Beuger des Unterarms dient, wogegen er beim Pferde außerordentlich stark ist und auf den m. radialis dorsalis (m. extensor corpi radialis) und auf die Faszie ausstrahlt, im Gegensatz zum Menschen als Strecker wirkt. Der Ansatz des m. biceps am tuberculum supraglenoidale und seine Insertionen auch vermittelst des lacertus fibrosus befinden sich auf der vorderen d. h. Streckseite des Humerus und der antebrachialen

Region und in der Richtung der Knochensäule. Besonders erwähnenswert ist für das Verständnis der Wirkung des biceps die sehr stark vorspringende Knochenpartie, welche aus dem tuberculum majus und minus und der eminentia intertubercularis gebildet wird. Denken wir noch einmal daran, daß die biceps-Sehne bei ihrem Verlauf über die eminentia sehr breit ist, daß sie mit ihrer Hohlkehle die eminentia beinahe einhüllt, mit ihrer wulstigen Verdickungen die beiden sulci ausfüllt, daß sie hier außerdem eine Befestigung erfährt durch ihre eigene Aponeurose als auch durch die der m. m. pectorales, dann werden wir auch ohne weiteres ermessen können, von welcher Bedeutung diese innige Verbindung für das ganze Gelenk ist. Ich habe die biceps-Sehne ca. 7 cm unterhalb des tuberculum supraglenoidale quer durchschnitten, habe die einzelnen Abschnitte gemesssn und gefunden, daß die Sehne im Bereich der eminentia eine Breite von 7,2 cm und von der Mitte der Hohlkehle zum lateralen Rande der Wulst von 3,7 cm bis zum medialen Rande der Wulst eine Breite von 3,5 cm hat. Die Tiefe der Hohlkehle beträgt 1,4 cm, ich meine hier natürlich die Stärke der Sehne. Die Hohlkehle selbst würde, wenn man die äußersten Gipfel der beiden Wülste mit einander verbinden und von der tiefsten Stelle der Hohlkehle ein Lot auf die Verbindungslinie fällen würde, messen: 2,7 cm d. h. Durchmesser der Wulst weniger 1,4 cm d. h. Durchmesser der Hohlkehlensehne gleich 1.3 cm. Um die Rechnung genau zu machen, müßte die Wölbung, die die Sehne vorn im Bereich der Wulst erfährt, und die ca. 1 mm ausmacht, zu der gefundenen Zahl hinzugezählt werden, wir erhalten also als Maß für die Hohlkehle 1,3 + 0,1 gleich 1,4 cm. Noch ein anderes Moment ist wesentlich für das Buggelenk. Unsere bisherigen Untersuchungen haben ergeben, daß Beugung und Streckung die Hauptbewegungen am fraglichen Gelenk sind, und zwar sind jene das Produkt der mm. teres major, minor und deltoideus, letztere das Resultat der mm.

biceps brachii, coracobrachialis, pectoralis prof. und supraspinatus. Was die übrigen Muskeln anbetrifft, so habe ich gefunden, daß der lateralwärts gelegene m. infraspinatus und der medialwärts gelegene m. subscapularis in Bezug auf Lage und Richtung der Muskelfasern und in Bezug auf Ansatzverhältnisse ganz analog, in Bezug auf Stärke nicht sehr verschieden sind:

	m. infraspinatus	m. subscapularis
vord. Länge	= 7,0 cm	= 4,0 cm
hint. „	= 7,3 „	= 3,5 „
obere Breite	= 3,7 „	= 6,5 „
untere „	= 3,5 „	= 6,3 „

Auch ich bin der Ansicht, daß bei einseitiger Wirkung der m. infraspinatus ein Auswärtszieher, der m. subscapularis ein Einwärtszieher ist, kann jedoch weder aus dem Ergebnis meiner Untersuchungen, noch aus der Aktion der Gliedmaße am lebenden Objekt einen Anhaltspunkt dafür bekommen, daß diese einfache Wirkung die gewöhnliche wäre, vielmehr geht aus diesen beiden Punkten hervor, daß beide Muskeln synchron kontrahieren. Auch Günther sagt: *„Nur selten wirken beim Pferd einzelne Muskeln für sich allein und kommt es bei sehr wenigen Kopf- usw. Muskeln vor; bei den Lokomotionsmuskeln jedoch nie.“* Die Resultierende der Wirkung bei dieser synchronen Kontraktion ist die Anziehung des Gelenkkopfes an die Pfanne, und die gleichzeitige Fixation des Kopfes in einer Sagittalstellung. Die beiden Muskeln sind also Fixatoren. Wie verhält sich nun der biceps hierbei? Bei seiner Kontraktion preßt auch er den Kopf gegen die Pfanne, sein bereits beschriebenes sehniges Verhalten an der eminentia, welches mit einem Zahnrad verglichen werden kann, verhindert jegliches Ausweichen des proximalen Humerusendes und noch augenscheinlicher wird uns dies Verhältnis, wenn wir den starken leistenartigen Vorsprung, den die Tubercula und die Eminentia intertubercul. zusammen am Humerus darstellen, betrachten, die von

der Mitte der eminentia bis zur Mitte des Gelenkkopfes gemessen 10.2 cm beträgt, also als Hebelarm für den biceps fungiert. Wir sehen also, daß dem letzteren die Rolle eines Hemmungsmuskels gegen Rotation, Adduction und Abduction zukommt, was für das Buggelenk von außerordentlicher Bedeutung ist.

Fassen wir das Ergebnis unserer bisherigen Untersuchung zusammen, so haben wir gefunden: Die Hauptbewegung im Buggelenk erfolgt in sagittaler Ebene. Nebenbewegungen sind auf ein Minimum reduziert, erstlich wegen der Anordnung der synchron kontrahierenden Fixatoren, m. infraspinatus und subscapularis, zweitens wegen des Verhaltens der biceps-Sehne an der eminentia usw. und drittens wegen anderer knöchernder Hemmungsvorrichtungen, die ich weiter unten zu besprechen Gelegenheit haben werde.

Um Irrtümer auszuschließen, will ich gleich bemerken, daß die Behauptungen über den Bewegungsmodus des Buggelenks natürlich nur für die aktive Tätigkeit des Gelenks zutreffen. Es ist ja bekannt, daß sowohl am lebenden als toten Objekt alle möglichen Bewegungen auszulösen sind: Adduktion, Abduktion und Rotation. Jedoch hierin besteht der gewaltige Unterschied, daß letztere passiv vorkommen, daß mithin der natürliche Hemmungsapparat nicht in Funktion tritt.

Im Folgenden die Zahlen eines Bewegungsversuches am frischen Muskelpräparat.

	Pferd	Rind
Beugung	30 °	23 °
Streckung	35 °	32 °
Abduktion	25 °	20 °
Adduktion	40 °	25 °
Rotation n. a.	21 °	40 °
„ „ i.	25 °	30 °

Wir sehen, daß die Messungen beim Pferd und Rind ziemlich übereinstimmend sind. Die Zahlen für die Adduktion und Abduktion sind entschieden zu hoch. Ist doch die Adduktion am Körper wegen

Zusammentreffens des humerus an die Körperwand beschränkt. Würde man bei der Abduktion in Betracht ziehen, daß die scapula an der Bewegung Teil nimmt, und sich von der Körperwand dabei abhebt, so würde man am lebenden Tier eine ziemlich beträchtliche Zahl erhalten. Leider sind wir jedoch nicht imstande, genaue Messungen am lebenden Tier vornehmen zu können, sodaß wir uns vor der Hand mit Versuchen am Muskelpräparat begnügen müssen.

Wir hatten oben bereits bemerkt, daß es noch andere Hemmungsvorrichtungen gebe, welche bei der Beweglichkeit des Gelenks mit in Betracht gezogen werden müßten. Dies führt uns dazu die Beschaffenheit der Gelenkflächen, das Verhältnis der Pfanne zum Gelenkkopf, kurz das Gelenk im Ganzen einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen.

Die Pfanne ist eine ovale Grube am distalen Ende der scapula. Sie stellt den konkaven Abdruck eines Teiles vom Gelenkkopf dar. Ihr Längendurchmesser ist von vorn nach hinten gerichtet, ihr Breitendurchmesser von latral nach medial. Die Krümmung der Gelenkoberfläche entspricht nach meinen Messungen in der Sagittalebene einem Bogen von 81^0—115^0 im Mittel 100^0 für das Pferd, und 100^0 für das Rind, und in der Transversalebene einem Bogen von 70^0 im Mittel für das Pferd und 62^0 für das Rind.

Vorn an der Pfanne befindet sich ein Ausschnitt, die sogenannte Pfannenkerbe, welche von einem feinen Häutchen überzogen ist. Die Ausdehnung dieser Pfannenkerbe variiert bei den einzelnen Tieren. Der Pfannenrand ist verhältnismäßig durchgehend scharf, nur am vorderen Rande ist er etwas aufgeworfen. Beim Fohlen ist nur der mediale Rand scharf, um sich dann nach vorn und hinten in die Gelenklippe zu verlieren. Die Pfanne ist mit hyalinem Knorpel überzogen, welcher im Centrum gleichsam eingezogen erscheint. Der Knorpelüberzug erreicht in der Mitte kaum die Stärke eines Milimeters, wird jedoch nach den Rändern zu stärker bis zu 3 mm.

An der Gelenkfläche des Schulterblattes finden wir eine faserknorpelige Wulst, 5 mm dick, welche am Rande der Pfanne verläuft und die gelenkige Oberfläche beträchtlich vergrößert. Man unterscheidet an ihr 3 Flächen, die eine ist die ohne weiteres (beim Durchschneiden) sichtbare, freie, glatte Oberfläche in der Fortsetzung der Hauptpfannenfläche, an der das caput bei seinen Bewegungen schleift. Die zweite Fläche ragt ebenfalls frei in den Gelenkraum hinein, es ist der seitliche meist etwas wulstige Rand der Lippe, der oft allerdings kaum ausgebildet ist. Die dritte Fläche ist die Verwachsungsstelle der Lippe mit dem knöchernen und knorpeligen Pfannenrand. Der Verlauf der Fasern ist konzentrisch mit dem Pfannenrand angeordnet.

Das Caput humeri stellt die Gelenkfläche zur Artikulation mit der Pfanne dar. Der Gelenkkopf hat die Gestalt eines Kugelabschnittes, genauer genommen, die Gestalt einer Schale mit unregelmäßiger Krümmungsfläche. Er wird durch eine Einschnürung, dem collum anatomicum, von den anderen Bestandteilen des proximalen Humerusendes abgegrenzt. Lateral stößt er auf das tuberculum majus, medial auf das tuberculum minus. Zwischen beiden befindet sich der sulcus intertubercularis. Dieser wird beim Rind von dem hakenförmigen Fortsatz des tuberculum majus überragt, unter ihm verläuft von einem Ringband in seiner Lage gehalten der biceps. Beim Pferde liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier erhebt sich zwischen tuberculum majus und minus ein Knochenvorsprung, die eminentia intertubercularis und teilt den sulcus intertubercularis in einen lateralen und medialen. Diese eminentia gibt dem biceps die Gleitfläche, und beeinflußt so die Beweglichkeit des Gelenks.

Der Gelenkkopf hat an seinem vorderen Abschnitt einen V förmigen Ausschnitt, welcher beim macerierten caput beinahe rechtwinkelig (am Pferde) wird. Der Kopfausschnitt beim Rind ist ausgesprochen V förmig.

Der Gelenkkopf ist mit Knorpel überzogen, aber nicht nur er erhält einen Knorpelüberzug, sondern auch der innere Teil des tuberculum majus und minus ferner eine Zone unterhalb des hinteren Caputrandes in einer Ausdehnung von ca. 12 mm. Dieser Knorpel besteht im Gegensatz zum hyalinen des Gelenkkopfes aus Faserknorpel, und läßt sich leicht von seiner Unterlage abheben. Schon bei oberflächlicher Betrachtung des Caput fällt die unregelmäßige Gestaltung der gesammten Oberfläche auf. So ist die vordere Region mehr gekrümmt als die hintere, und ebenso die mediale mehr als die laterale. Bei meinem Studium der Arbeiten von Bugnion und Anna Ludkewitsch wollte ich eine Nachprüfung der Messungen vornehmen und sagittale resp. transversale Schnitte anlegen. Hierbei fiel mir auf, daß nirgends eine genaue Angabe über die Schnittführung vorlag. Die Bezeichnung sagittal läßt jeden freien Spielraum in der Auswahl, ob durch die Mitte des Humeruskopfes, ob nahe am medialen, oder lateralen Rande. Ich beabsichtigte nun den Schnitt durch die Mitte des Kopfes zu legen. Um letzteren zu schonen nahm ich nach dem Vorbilde von Aeby und Schmid Wachsabdrücke von dem Humeruskopfe und wollte so den Kreisbogen bestimmen. (Außerdem interessierte es mich zu wissen, ob die Kreisbögen resp. ihre Radien in irgend einer Beziehung zu einander ständen). Das Verfahren nach Aeby und Schmid entsprach nicht meinen Erwartungen, ich wählte daher eine andere Art, auf die mich in verdankenswerter Weise Herr Prof. Dr. Strasser aufmerksam machte, um mit meinen Versuchen zum Ziel zu gelangen. Sie schien mir nämlich besser in der Ausführung und genauer zur Berechnung zu sein. Ich legte einen Humerus so in einen einfachen Kasten, daß der Kopf nach einer Ecke sah. Die beiden Brettchen, welche die Ecke bildeten waren mit graduirtem Papier beklebt. Nun goß ich eine Lage Gips in die Ecke und nach dem Erstarren eine Lage Wachs usw. Die Menge der einzugießenden Flüssigkeit konnte ich an Hand des am angeklebten Papier

befindlichen Maßes leicht bestimmen. Leicht läßt sich auch der Humerus in die verschiedensten Lagen bringen. Ist nun der Kopf mit den abwechselnden Lagen Gips und Wachs bedeckt, so kann man das ganze Gebilde sehr leicht herausnehmen (: zusammen mit dem Humerus :) und die einzelnen Schichten leicht von einander abheben. Nun kann man die Bögen gut auf Papier übertragen. Bei dem Eingießen des flüssigen Wachses muß darauf Bedacht genommen werden, daß das Moment des Erkaltens geeigneter für das Gelingen eines guten Wachsabdruckes ist, als wenn das Wachs noch siedend heiß ist.

Brachte ich den Humerus in die Lage, daß eine Ebene durch die Schaftachse mit der Senkrechten einen Winkel von 45° bildete, so fand ich folgende Werte, nachdem ich wie Bugnion die einzelnen Bögen in Centimeter eingeteilt hatte.

Bogen I.	Bogen II.	Bogen III.	Bogen IV.
1 cm = 22 mm	1 cm = 20 mm	1 cm = 21 mm	1 cm = 19 mm
2 „ = 25 „	2 „ = 22 „	2 „ = 24 „	2 „ = 20 „
3 „ = 27 „	3 „ = 25 „	3 „ = 27 „	3 „ = 24 „
4 „ = 32 „	4 „ = 27 „	4 „ = 32 „	4 „ = 26 „
5 „ = 36 „	5 „ = 30 „	5 „ = 35 „	5 „ = 28 „
6 „ = 38 „	6 „ = 32 „	6 „ = 40 „	6 „ = 31 „
7 „ = 40 „	7 „ = 35 „	7 „ = 42 „	7 „ = 35 „
	8 „ = 38 „	8 „ = 47 „	

Bei einer Winkelstellung von 90° fand ich:

Bogen I.	Bogen II.	Bogen III.	Bogen IV.
1 cm = 20 mm	1 cm = 22 mm	1 cm = 21 mm	1 cm = 19 mm
2 „ = 21,5 „	2 „ = 23,8 „	2 „ = 23 „	2 „ = 21,5 „
3 „ = 23 „	3 „ = 25 „	3 „ = 28 „	3 „ = 25 „
4 „ = 26 „	4 „ = 28 „	4 „ = 30 „	4 „ = 29 „
5 „ = 30 „	5 „ = 32 „	5 „ = 34 „	5 „ = 31 „
6 „ = 34 „	6 „ = 36 „	6 „ = 37 „	6 „ = 33 „
7 „ = 41 „	7 „ = 42,2 „	7 „ = 40 „	7 „ = 37 „
	8 „ = 50 „	8 „ = 42 „	
		9 „ = 47 „	

Bei einer Winkelstellung von 80°:

Bogen I.	Bogen II.	Bogen III.
1 cm = 21 mm	1 cm = 25 mm	1 cm = 21,6 mm
2 „ = 22 „	2 „ = 27 „	2 „ = 22 „
3 „ = 25 „	3 „ = 30 „	3 „ = 25 „
4 „ = 29 „	4 „ = 32 „	4 „ = 27 „
5 „ = 32 „	5 „ = 34 „	5 „ = 32 „
6 „ = 35 „	6 „ = 40 „	6 „ = 36 „
	7 „ = 42 „	7 „ = 40 „
	8 „ = 46 „	8 „ = 44 „
	9 „ = 50 „	

Ich ging, wie ich bereits vorher bemerkt habe, bei meinen Versuchen von dem Gedanken aus, daß zwischen den Kreisbögen resp. den Radien der einzelnen Abschnitte eine gewisse Congruenz bestehen müsse. Diese Annahme war aber, wie ich aus meinen Versuchen sah, irrig. Da die Gelenkoberfläche einen Kugelabschnitt mit ungleichem Krümmungsradius darstellt, da ferner zu beachten ist, daß der Gelenkkopf eine Abknickung nach rückwärts erfährt, welche je nach der Ausbildung der Gelenkfläche mehr hervortritt, kann man nicht aus einer Gleichheit in Bezug auf die Radien schließen wollen, daß es Radien ein und desselben Kreisbogens seien. Ich machte jedoch eine andere zufällige Entdeckung. Durch den lateralen und medialen Muskelhöcker hatte ich eine Senkrechte zur Medianlinie errichtet und diese Linie auf dem Caput verzeichnet resp. mit dem Messer eingegraben. Bei meinen Versuchen sah ich nunmehr auf den Wachs- resp. Gipsscheiben die Transversale, denn das war doch die construirte Linie, eingedrückt und sah ihre Richtung bei den einzelnen Winkelstellungen divergieren, bei der Winkelstellung von 80° jedoch stand sie auf dem Kreisbogen (Wachsbogen) senkrecht. Hierdurch konnte ich also meine Versuche für geglückt betrachten, war mir doch jetzt die Führungslinie durch die Mitte des Humeruskopfes gegeben.

Die durch die Wachsabdrücke gefundenen Werte unterwarf ich durch das Zersägen des Kopfes in gleicher Richtung wie die durch Wachsabdrücke gegebenen einer Nachuntersuchung, und ich muß bestätigen, daß das Resultat dasselbe war. Beim Sagittalschnitt durch die Mitte der eminentia beim Pferde, durch die Mitte des sulcus intertubercularis beim Rind und durch die Mitte des Humeruskopfes finde ich folgende Werte:

Pferd		Rind	
1 cm	= 25 mm	1 cm	= 28 mm
2 „	= 27 „	2 „	= 29 „
3 „	= 30 „	3 „	= 31 „
4 „	= 32 „	4 „	= 32 „
5 „	= 34 „	5 „	= 35 „
6 „	= 40 „	6 „	= 39 „
7 „	= 42 „	7 „	= 44 „
8 „	= 46 „	8 „	= 47 „
9 „	= 50 „		

Auf dem Transversalschnitt habe folgende Werte:

Pferd		Rind	
1 cm	= 32 mm	1 cm	= 31 mm
2 „	= 35 „	2 „	= 36 „
3 „	= 36,8 „	3 „	= 43 „
4 „	= 39 „	4 „	= 47 „
5 „	= 44 „	5 „	= 54 „
6 „	= 50 „	6 „	= 53 „
7 „	= 51 „	7 „	= 52 „
8 „	= 54 „	8 „	= 51 „
		9 „	= 48 „

Beim Sagittalschnitt liegt das Verhältnis der Radien beim Pferd wie 1 : 2 (25—50).

Auf dem Transversalschnitt ist die Krümmungsoberfläche beim Rind mehr gewölbt als beim Pferde.

Bei allen meinen Sagittalschnitten habe ich beobachtet, daß die Krümmung der Gelenkoberfläche von vorn nach hinten allmählich zunimmt und zwar könnte man behaupten, es geschehe in einer gewissen

Gesetzmäßigkeit. Man bezeichnet eine solche Krümmung als Spirale. Da die Oeffnung der Spirale nach vorn sieht, wird letztere bei der Beugebewegung abgewickelt, bei der Streckbewegung dagegen aufgewickelt. Dieses Verhalten der Krümmungsoberfläche finden wir jedoch nur beim Pferd. Das Caput des Rindes ist auch im vorderen Abschnitt stärker gekrümmt als beim Pferd. Die Krümmung der Gelenkoberfläche entspricht nach meinen Messungen einem Bogen von 150° im Mittel für das Pferd und 140° im Mittel für das Rind. (Bugnion gibt an: 152° Pferd, 140° Rind). Würden wir die für Krümmung der cavitas glenoidales erhaltenen Ziffern darunter setzen, so finden wir Folgendes:

Bogen des Kopfes (sagittal)		Pferd	150°	Rind	140°
„ der Pfanne	„	„	100°	„	100°
		Unterschied	50°		40°
Bogen des Kopfes (transversal)		Pferd	100°	Rind	106°
„ der Pfanne	„	„	70°	„	62°
		Unterschied	30°		44°

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich die Größe der Bewegungsmöglichkeit in sagittaler und transversaler Richtung. Mit anderen Worten, das Gelenk beim Pferd läßt sagittal 50° für die Bewegung zu, transversal eine solche von 30° usw. Wir werden später sehen, ob diese Zahlen mit unseren gefundenen übereinstimmen.

Legen wir durch die Schaftachse eine Ebene parallel zur Medianlinie so machen wir die Wahrnehmung, daß diese Ebene die Mitte des Humeruskopfes nicht trifft und in der Tat nicht treffen kann. Ich habe oben bereits angeführt, daß der transversale und sagittale Durchmesser senkrecht auf einander standen bei einer Achsenstellung des Schaftes von 80°. Dieser scheinbare Widerspruch findet seine Erklärung darin, daß der Kopf eine Abknickung nach

rückwärts erfährt, die gemessen ungefähr 10° ausmacht. Jetzt verstehen wir auch, warum die Transversale und Sagittale bei 80° senkrecht auf einander stehen. Rechnen wir zu den 80° die 10° ausmachende Abknickung hinzu, so bekommen wir als Resultat 90°. Damit wäre auch der scheinbare Widerspruch beseitigt.

Bei oberflächlicher Betrachtung der Gelenkköpfe von Mensch und Tier, fällt die eigentümliche Stellung des Kopfes auf. Beim Menschen stellt der Kopf ungefähr eine Halbkugel dar, welche auch nicht etwa gerade in der Fortsetzung der Schaftachse, also oben aufgesetzt liegt, sondern er ist derart angebracht, daß die Mitte seiner Oberfläche nach oben, innen und hinten gerichtet ist. Der Mittelradius ist die sogenannte Kopfachse.

Bei den Tieren, Pferd und Rind, ist der Kopf derart angebracht, daß er nach oben und hinten sieht. Der Winkel zwischen der Richtung des Oberarmkopfes und der Ellbogenachse wird Verdrehungswinkel oder Torsionswinkel genannt. Die Verdrehung zwischen der Ellbogengelenkachse und der Kopfachse wird gemessen durch den Winkel, den die Projektion beider Linien auf einer, zur Längsachse des Schaftes senkrechten Ebene, bildet. Man versteht also unter Torsionswinkel des Oberarmbeins die Abweichung der Richtung des Humeruskopfes nach hinten von der Richtung der Ellbogengelenkachse. Beim Menschen zeigen sich nicht ganz unbedeutende Unterschiede in der Richtung des Gelenkkopfes, und es haben viele Forscher versucht Klarheit zu schaffen. (Martins, Gegenbauer, Hultkranz, Albrecht). Es kommt jedoch fast jeder Forscher zu anderen Resultaten.

R. Fick meint, daß die verschiedenen Angaben der Größe des Torsionswinkels, der bei Europäern 20°—14° nach Broca, Hultkranz, 10°—0° nach Bugnion, bei Lappen 27°, bei menschlichen Embryonen vorgerückter Stadien 43°—49°, bei den Säugetieren nach Martins 90°, bei der Katze nach Gegenbauer 74°—87° beträgt, nicht im Oberarm selbst lege,

sondern vielmehr in der verschiedenen Körperhaltung und der dadurch bedingten verschiedenen Stellung des Schulterblattes.

Gegenbauer hat nachgewiesen, daß der Oberarm während seiner Entwicklung eine Verdrehung seiner einzelnen Abschnitte gegeneinander um die Längsachse erfahre. Hultkranz meint, die scheinbare Drehung beruhe nur auf einem allmählichen Nachvornwandern der Kopfgelenkflächen. Nehmen wir nach Gegenbauer eine Verdrehung des Kopfes an, so ist es nicht schwer sich von der Größe des Verdrehungswinkels zu überzeugen. Heben wir durch Sägeschnitte den Kopf von seiner Unterlage ab und trennen ihn von seiner Umgebung, bringen sodann das hintere Ende in die Richtung, daß der Kopf nunmehr nach der Medianlinie sieht, fixieren wir diesen Punkt als 0 Punkt, und bringen ihn in die ursprüngliche Lage zurück, so können wir den Kreisbogen, den der Kopf beschrieben hat, messen. Er schwankt zwischen 80^0 und 90^0 bei Pferd und Rind. Dieser Versuch läßt sich leicht bei jüngeren Tieren machen, da bei ihnen die Verbindung zwischen Kopf und Schaft noch eine knorpelige ist. Interessant wäre es hier zu untersuchen, ob, wie beim Menschen, der jeweilige Gebrauch der Extremität, ferner die Rasse usw. einen Einfluß auf den Verdrehungswinkel haben. Im übrigen ist die Lehre von der Torsion des humerus noch ein ziemlich dunkles Gebiet, selbst Albrechts geistreiche Untersuchungen haben noch nicht vermocht hier klare Anschauungen zu schaffen.

Wir haben gesehen, daß beim Pferd und Rind der Gelenkkopf nach oben und hinten sieht. Die Schrägstellung des Kopfes nach hinten läßt sich messen durch den Winkel, den die Kopfachse mit der Schaftachse bildet, beim Pferd $180^0 - 67^0 = 113^0$.

Beim Rind $180^0 - 64^0 = 116^0$.

Die Gelenkkapsel stellt bei Pferd und Rind einen ziemlich geräumigen Schlauch dar, welcher das Gelenk wie mit einem Mantel umhüllt. Beim

Rind habe ich sie größer gefunden wie beim Pferd und zwar so groß, daß sie gut noch einen Kopf hätte aufnehmen können. Sie besteht aus einer fibrösen Außenschicht und der Synovialhaut. In ihren hinteren Abschnitten ist die Kapsel sehr dünn, kaum 1 mm dick, lateral, medial und vorn ist sie stärker. Hier, namentlich im vorderen Abschnitt, erhält sie eine Verstärkung durch elastische Fasern, deren Verlauf teilweise sich kreuzend nach unten gerichtet ist.

Am Schulterblatt resp. an der Pfanne inseriert sie sich ringsum an der Gelenklippe, umgibt hier aber nicht gleichmäßig die Pfanne, sondern zieht vom höchsten (8 mm), hinteren Ansatzpunkt schräg abfallend nach vorn, um sich hier am scharfen Rande direkt zu befestigen. Lateral bildet sie einen recessus, welcher 2 cm lang und 4 mm tief ist.

Am humerus setzt sich Kapsel nicht wie beim Menschen im allgemeinen am collum anatomicum an, sondern umhüllt letzteres vollends. An der dorsalen Fläche an der mit Faserknorpel überzogenen Zone 12 mm unterhalb des collum anatomicum sitzend, zieht sie in schräger Richtung medianwärts, hier 4 mm unterhalb des collum. Sodann nimmt sie in ihren Bereich die ebenfalls mit Faserknorpel überzogenen, inneren Flächen des lateralen und medialen Muskelhöckers. Vorn inseriert sie am äußeren Rande des collum anatomicum und bildet hier einen recessus von 3,5 cm Länge und 2 cm Tiefe. Von hier sendet sie zahlreiche Sehnenplättchen aus, die sich zum Teil kreuzen, und so ein System von Nebenkammern bilden.

Die Kapsel beim Rind ist im Bau und Ansatzverhältnis von der des Pferdes nicht sehr verschieden. Erwähnenswert ist nur ihr Verhalten im vorderen Abschnitt. Sie bildet hier ebenso wie die Kapsel des Pferdes einen recessus, ihre Synovialhaut schlägt sich jedoch im Innern des recessus um ein Fettpolster herum. (: Betrachtet man das von Muskeln frei präparierte Gelenk und führt Bewegungen an demselben

aus, so bemerkt man, daß hauptsächlich bei der Streckbewegung die Kapsel stark gespannt wird. Es liegt daher die Befürchtung vor, daß bei starken Streckbewegungen die Gelenkkapsel nur zu oft lädiert wird. Auch bei der Beugebewegung wird die Kapsel gespannt, jedoch nicht in dem Maße wie beim Strecken. Es sind natürlich Bewegungen ad maximum gemeint. :)

Nachdem wir die Gelenkflächen einer genauen Betrachtung unterzogen haben, interessiert es zu erfahren, welche Bewegungen an demselben ausgelöst werden können. Man geht nicht fehl zu glauben, daß die weitgehensten Bewegungen zugelassen werden. Ich möchte aber gleich darauf nochmals hinweisen, daß es nicht Bewegungen aktiver Natur sind, sondern daß sie passiv ausgeführt werden. Der Schenkel wird von den Muskeln soweit frei präpariert, daß nur noch diejenigen am Präparat vorhanden sind, welche sich direkt am Schulterblatt und Oberarmbein inserieren. Sodann wird die scapula an einem Ramen in ihrer gewöhnlichen Stellung zum Schulterblatt angebracht und derart befestigt, daß Bewegungen ihrerseits so gut wie ausgeschlossen sind. Nun habe ich einem Pappkarton von $1\frac{1}{2}$ m im Quadrat die Form eines Kreisbogens gegeben und mit Hülfe des Zirkels in 180 Grade eingeteilt. Nachdem ich dann das Centrum des Bogens auf resp. vor der Mitte des Gelenkkopfes angebracht habe, habe ich folgende Werte gefunden: I. Pferd.

Beugung	30 °
Streckung	35 °
Abduktion	25 °
Adduktion	40 °
Rotation n. a.	21 °
Rotation n. i.	25 °

Die Bewegungen waren alle maximale, d. h. solche, wie sie im entferntesten beim lebenden Tiere nicht zur Anwendung kommen können.

Ziehen wir nun die Maße der Bögen zum Vergleich:

a) Bogen des Kopfes = 150 ⁰ } sagittal
„ der Pfanne = 100 ⁰ }
Unterschied 50 ⁰

Wir erhielten durch Beug. 30 ⁰ }
„ Streckg. 35 ⁰ }
Summe beider Bewg. 65 ⁰

Die zuläßliche Bewegung wäre 50⁰, unsere beträgt 65⁰, also 15⁰ mehr.

b) Bogen des Kopfes = 100 ⁰ } transversal
„ der Pfanne = 70 ⁰ }
Unterschied 30 ⁰

Wir erhielten durch unseren Versuch:

Rotation nach außen 21 ⁰
„ „ innen 25 ⁰
Summe beider Bewg. 45 ⁰, also wiederum 15⁰ mehr als das Gelenk transversal Bewegungen zuläßt.

II. Muskelpräparat vom Rind.

Der Schenkel ist ebenso präpariert wie beim Pferd.

Beugung 23 ⁰
Streckung 32 ⁰
Abduktion 20 ⁰
Adduktion 25 ⁰
Rotation n. a. 40 ⁰
„ „ i. 30 ⁰

a) Bogen des Kopfes 140 ⁰ } sagittal
„ der Pfanne 100 ⁰ }
Unterschied 40 ⁰

Beugung 23 ⁰ }
Streckung 32 ⁰ }
Summe der Bewg. 55⁰, also 15⁰ mehr als der Unterschied zwischen Bogen des Kopfes und der Pfanne.

b) Bogen des Kopfes 106 ⁰
„ der Pfanne 62 ⁰ } transversal
Unterschied 44 ⁰

Rotation nach außen 40 ⁰
„ „ innen 30 ⁰
Summe der Beweg. 70 ⁰. Hier erhalten wir sogar 26 ⁰ mehr, als das Gelenk in transversaler Richtung zulassen würde. Auch diese Bewegungen sind wie beim Pferd ad maximum ausgeführt.

III. Versuch. Hier ist das Muskelpräparat von Muskeln befreit bis auf den m. subscapularis, m. infraspinatus, m. biceps brachii. Die Bewegungen werden in der normalen Weise also nicht ad maximum ausgeführt.

Beugung	20 ⁰	32 ⁰	
Streckung	31 ⁰	38 ⁰	nach
Abduktion	12 ⁰	24 ⁰	Durch-
Adduktion	15 ⁰	25 ⁰	trennung
Rotation n. a.	14 ⁰	27 ⁰	des biceps
„ „ i.	15 ⁰	30 ⁰	

Vergleichen wir wieder die gefundenen Werte mit unseren Messungen, so erhalten wir:

a) Bogen des Kopfes 150 ⁰
„ der Pfanne 100 ⁰ } sagittal
Unterschied 50 ⁰

Beugung 20 ⁰
Streckung 31 ⁰
Summe der Beweg. 51 ⁰. Wir sehen, daß die Messungen der Bewegungen am Präparat mit den Messungen der Bögen fast übereinstimmt.

b) Bogen des Kopfes 100 ⁰
„ der Pfanne 70 ⁰
Unterschied 30 ⁰

Rotation nach außen 14 °
„ „ innen 15 °
Summe der Beweg. 29 °. Auch hier stimmen unsere Messungen mit den am Präparat gefundenen nahezu überein.

Wir sehen aber noch eine andere interessante Tatsache. Nach der Durchschneidung des biceps werden die Werte bedeutend größer, und wir finden namentlich diejenigen für Abduktion und Adduktion, Rotation nach innen und außen fast um dieselbe Zahl erhöht. Daraus geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß dem biceps brachii die Rolle eines Fixators zweifellos zukommt.

Meine Werte stimmen mit denen, die Bugnion angibt, ziemlich überein.

Ziehen wir nun einen Schluß aus den Bewegungen am Präparat und denjenigen am lebenden Tier, so ergibt sich Folgendes:

Was die Streck- und Beugebewegung anbetrifft, so werden sie sicherlich in höherem Maße erfolgen, als ich sie am Präparat wahrnehmen konnte, aus dem einfachen Grunde, weil, wie bereits oben bemerkt, das Schulterblatt an den Bewegungen aktiv teil nimmt. Auch Bugnion und Anna Ludkewitsch schreiben: L'omoplate se redresse au moment, où le bout inférieur de l'humerus se porte en avant et s'abaisse au moment où le bout inférieur de l'humerus se porte en arrière.

Abduktion und Adduktion kommen am lebenden Tiere nur in beschränktem Maße vor. Der Abduktion steht die solide Befestung des Oberarmes am Thorax entgegen und sie kommt nur beim Umwenden des Tieres vor und ist bei Erkrankungen der Brustorgane eine häufige Erscheinung. Die Adduktion findet auch sicherlich normalerweise nur statt, wenn das Tier sich wendet. In beiden Fällen handelt es sich um Bewegungen zwischen Thorax und Scapula und nicht zwischen Scapula und Humerus und daraus ist

ersichtlich, daß bei plötzlichen übermäßigen Seitenbewegungen die Hemmungsapparate im Gelenk lädiert werden und Schultergelenkslahmheiten verursachen.

Was die Rotation anbetrifft, so glaube ich, daß sie am lebenden Tier in ganz unbedeutenden Maße vorkommt, denn wir haben oben bereits gesehen in wie ausgezeichneter Weise die mm. infraspinatus, subscapularis und biceps das Gelenk fixieren. Da wir ferner mit Günther der Ansicht sind, daß eine einseitige Wirkung der Muskeln beim Pferd nicht möglich ist, können wir somit betonen, daß die Rotation eine äußerst minimale sein muß. Ueberdies wird infolge der winklichen Stellung von scapula und Hum. einerseits und, Hum. und Antebrachialknochen andererseits jede Rotation im Schultergelenk eine Entfernung oder Annäherung des Ellenbogens an den Thorax bedingen. Infolge der Nähe dieses vorspringenden Knochens am Thorax und seiner muskulösen Verbindung mit letzterem, ist diese zur Annäherung oder Entfernung führenden Bewegung geringgradig und erstreckt sich auf einen Kreisbogen von ca. 10^0—15^0.

Zum Schluß möchte ich noch die bekannte Tatsache anführen, daß Muskeln, die über ein Gelenk gehen, in der Regel sich auch an der Gelenkkapsel inserieren. Hierdurch wird der Kapsel eine größere Festigkeit und dem Gelenk selbst eine nicht unbedeutende Stütze verliehen. Am Schultergelenk sind nun diese Anheftungen sehr beträchtlich und betreffen auf der Streckseite den m. supraspinatus, auf der Beugeseite die mm. brachialis und scapularis, lateral den mm. infraspinatus und teres minor, medial den m. subscapularis.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen fasse ich nun in Folgendem zusammen:

Das Schultergelenk unserer großen Haustiere stellt in Bezug auf seine Beweglichkeit kein „freies“ Gelenk dar (: die Evolute beschreibt beim Pferd eine Spirale :), sondern es ist durch die eigenartige Lagerung und Wirkung mehrerer Muskeln, namentlich der mm. infraspinatus, subscapularis und biceps brachii ein „Wechselgelenk“ geworden. Seine Bewegungen erfolgen fast ausnahmslos nur in einer Ebene, wie sie dem „Wechselgelenk“ typisch sind, d. h.: Im Schultergelenk kommen normalerweise Bewegungen ausschließlich in sagittaler Ebene vor, alle anderen beim Menschen in diesem Gelenk möglichen Seitenbewegungen werden bei den Ungulaten mit ausgesprochener Gehextremität fast vollständig zwischen Scapula und Thorax ausgeführt.

Die vorliegende Arbeit über das Schultergelenk des Pferdes und Rindes ist nicht erschöpfend, dennoch hoffe ich durch dieselbe einen nicht überflüssigen Beitrag für die Beurteilung dieses Gelenkes geliefert zu haben. Namentlich war es mir wichtig die Einzelheiten der die Mechanik des Schultergelenkes als Hemmungsvorrichtungen so gewaltig beeinflussenden Schulter-Muskeln klarzustellen, welche ein in der Anlage seiner Gelenkfortsätze als freies Gelenk bestehenden Articulus zu einem „Wechselgelenk“ herabmindert.

Ich möchte es an dieser Stelle nicht unterlassen dem Vorsteher des Veterinär-anatomischen Institutes in Bern, Herrn Professor Dr. Rubeli, meinen Dank auszusprechen für die Ueberlassung des Themas und für die nie ermüdende Bereitwilligkeit, durch die er meine Arbeit wesentlich gefördert hat.

Ebenso will ich nicht schließen, ohne auch Herrn Professor Dr. Strasser zu danken für das Interesse, welches er meiner Arbeit entgegengebracht hat, und für die liebenswürdige Beantwortung einiger mir schwierigen Fragen.

Verzeichnis der benutzten Literatur.

Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie, III. Auflage, 1876.

Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs, VI. Bd.

Henke, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.

Zschokke, Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik und Mechanik des Vertebralenskeletts.

R. Fick, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.

H. Strasser und Gaßmann, Hülfsmittel und Normen zur Bestimmung der Stellungen usw. am Kugelgelenk.

Herrmann, Handbuch der Physiologie.

H. Meyer, Lehrbuch der physiologischen Anatomie.

Ch. Martins, Nouv. comparaison des membres.

Carpentier, L'articulation de l'epaule.

Albrecht, Beitrag zur Torsionstheorie am Humerus und zur morphologischen Stellung der Patella in der Reihe der Wirbeltiere. Inaug.-Diss. 1876.

L. Kiesewalter, Skelettmessungen am Pferde.

Gegenbauer, Ueber die Drehung des Humerus.

Ch. Martins, Sur la torsion de l'humerus.

Bugnion und Anna Ludkewitsch, L'articulation de l'epaule.

R. Günther, Topographische Myologie des Pferdes.

Dr. F. Schmidt, Ueber Form und Mechanik des Hüftgelenkes.
Prof. Dr. Aeby, Beiträge zur Kenntnis der Gelenke.
} Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. V und Bd. VI, 1875/76.

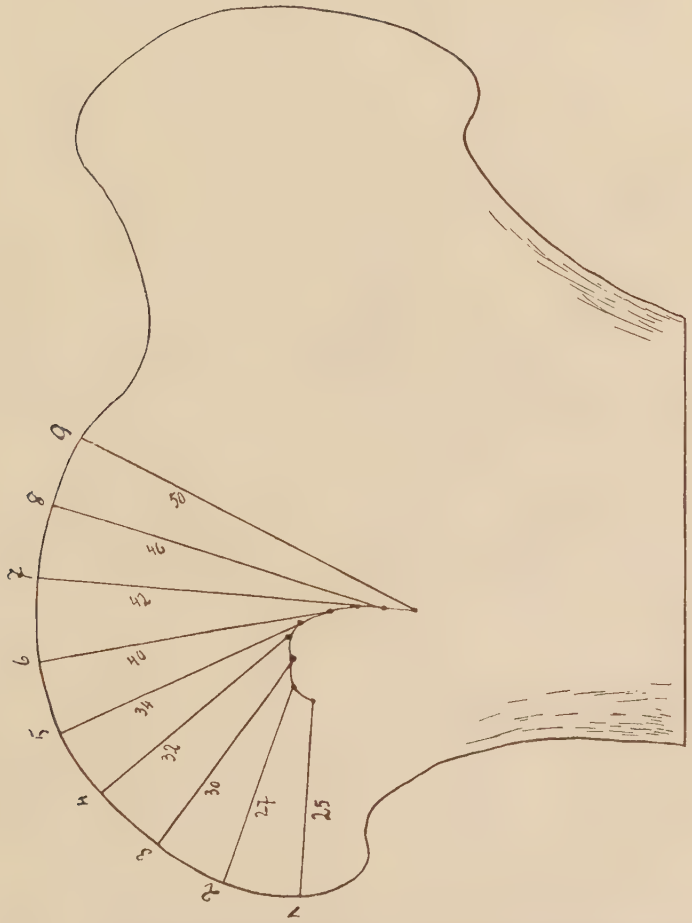

Fig. 1. Sagittalschnitt vom Pferd. Natürliche Größe.

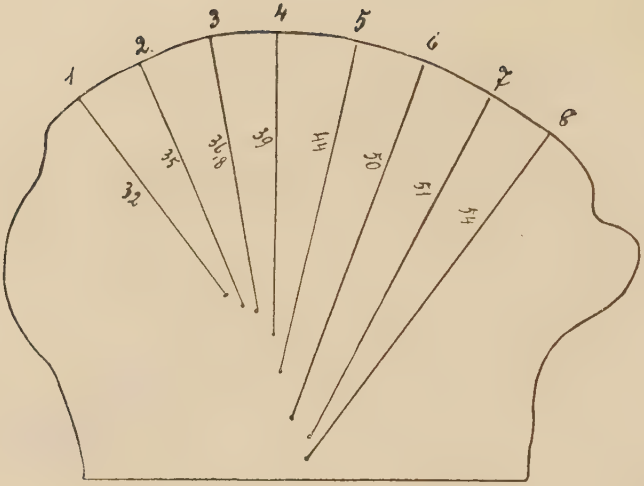

Fig. 2. Transversalschnitt vom Pferd. Natürliche Größe.

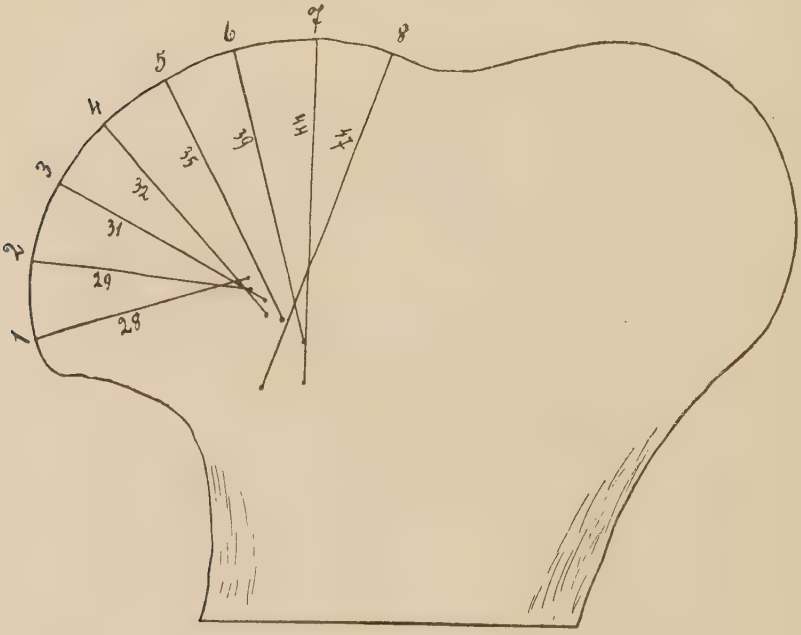

Fig. 3. Sagittalschnitt vom Rind. Natürliche Größe.

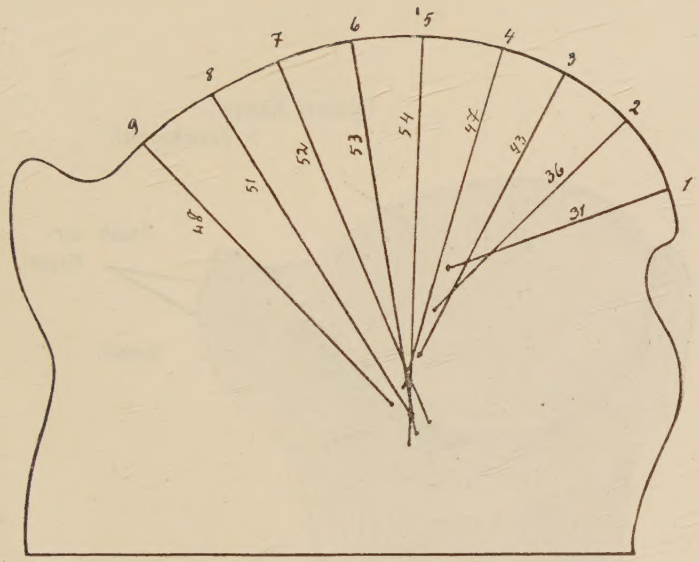

Fig. 4. Transversalschnitt vom Rind. Natürliche Größe.

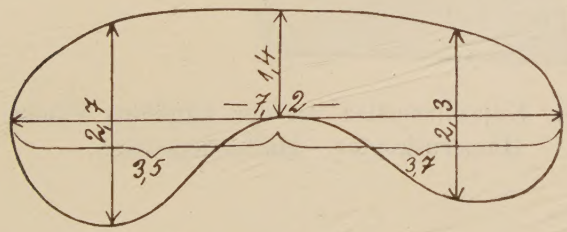

Fig. 5. Querschnitt durch die Sehne des m. biceps. 6,8 cm entfernt vom tuberculum supraglenoidale.

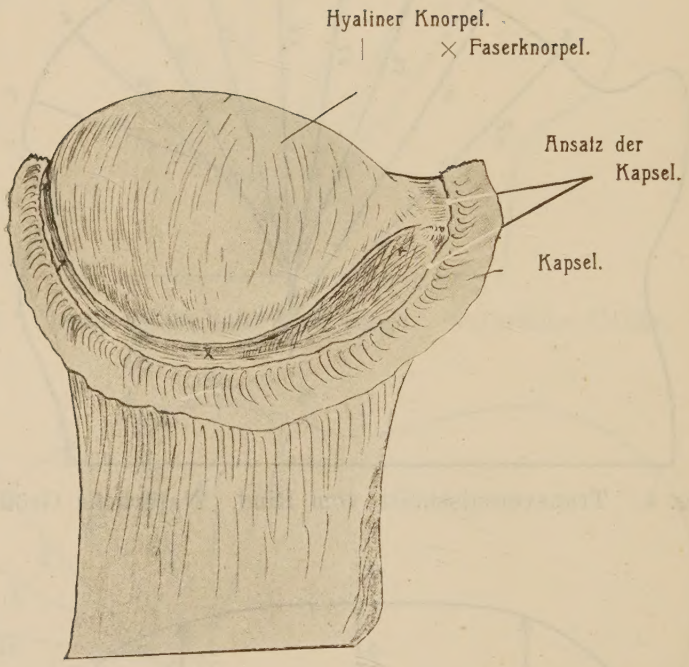

Fig. 6. Kapselinsertion an der kaudalen Fläche des Humeruskopfes. Halbschematisch.